

Euroopan komission riippumattoman tieteellisen komitean SCHEER:n kannanotto sähkömagneettisten kenttien turvallisuudesta (1 Hz – 100 kHz) valmistui



Tilannekatsaus: 2/2024 – julkaistu 19. joulukuuta 2024

Sisältö:

01: Pääkirjoitus

02: Sähkömagneettisille kentille altistumisen mahdolliset terveysvaikutukset: ajantasaistettu versio taajuuksista 1 Hz – 100 kHz

03: Kiinteistömuuntamojen tuottamat pientaajuiset sähkömagneettiset kentät työ- ja asuinpaikassa altistumista arvioivissa tutkimuksissa

04: Systemaattinen kirjallisuuskatsaus ja meta-analyysi Wilmsin tuumorin ympäristöriskitekijöistä

05: Suurjännitteisten voimajohtojen muodostaman magneettikentän mittausta ja simulointia

06: Puiden määrän ja sijainnin vaikutus voimajohtojen alla oleviin sähkökenttiin

07: Analyysi pitkäkestoisesta altistumisesta voimajohtojen tuottamille magneettikentille hyödyntäen keinotekoisia neuroverkkoja

08: Korrelaatio sähköyliherkkyyden ja oksidatiivisen stressin immuunireaktion välillä

09: Työssään pientaajuisille magneettikentille altistuvien työntekijöiden altistumisen arviointi ja sytogeneettinen biomonitorointitutkimus

Nro 01

Pääkirjoitus

Olen tilannekatsauksen pääkirjoituksessa kertonut useasti siitä, että Euroopan komissio on pyytänyt riippumattomalta tieteelliseltä komitealta SCHEER:ltä (Scientific Committee on Health, Environmental and Emerging Risks) sähkömagneettisten kenttien turvallisuudesta kahta tieteellistä kantaa (Opinion I ja II). Marraskuussa 2023 SCHEER käynnisti julkisen kuulemisen alustavasta lausunnostaan matalille taajuuksille altistumisen mahdollisista terveysvaikutuksista. Nyt tämä päivitetty kannanotto on saatu valmiiksi. Kannanotosta on kerrottu tarkemmin tilannekatsauksen ensimmäisessä artikkelissa. Kannanotossa on käsitelty samoja aiheita, joita on aikaisemmin käsitelty myös näissä tilannekatsauksissa. SCHEER:n www-sivuilta näytävät löytyvän myös kommentit, joita he ovat saaneet kannanotonsa luonnokseen liittyen.

Elokuun lopussa järjestettiin CIGRE:n Paris Session 2024. CIGRE on sähkövoimajärjestelmiin keskittyvä kansainvälinen voittoa tavoittelematon järjestö. Tänä vuonna tilaisuudessa ei juurikaan



sivuttu sähkö- ja magneettikenttien terveysvaikutuksiin liittyviä asioita. CIGRE:llä on ”Advisory Group on EMF and Health”, joka seuraa aihetta.

Löysin tähän uuteen tilannekatsaukseen mielestäni taas mielenkiintoisia tieteellisiä artikkeleja. Kuten edellä mainitsin, tilannekatsauksen ensimmäisessä artikkelissa on tietoa SCHEER:n päivitetystä kannanotosta. Katsauksen alkupuolella on käsitelty tällä kertaa Wilmsin tuumoria eli nefroblastoomaa, joka on lapsuusiän munuaiskasvain ja kirjoittajien mukaan neljänneksi yleisin lasten syöpäkuolleisuuden aiheuttaja. Artikkelissa on tutkittu laajasti ympäristöriskitekijöitä, ja yhtenä riskitekijänä on ollut isän työperäinen altistuminen pientaajuisille magneettikentille.

Tällä kertaa useammassa artikkelissa on käsitelty voimajohtoihin liittyviä sähkö- tai magneettikenttiä. Magneettikenttiä on mitattu tai simuloitu. Yhdessä artikkelissa on myös tutkittu voimajohdon alla olevan puun vaikutusta sähkökenttään. Aihetta on vuosia sitten tutkittu myös Suomessa, joten oli mielenkiintoista lukea, mitä muualla on saatu selville.

Katsauksen lopussa on tälläkin kertaa työntekijöiden terveyteen liittyvä artikkeli. Artikkelin aiheena on magneettikentille altistumisen genotoksiset vaikutukset.

Mukavaa lukuhetkeä tilannekatsauksen parissa!

Leena Korpinen, professori
Tilannekatsauksen päätoimittaja



Nro 02

Päätoimittajan kommentti: SCHEER:n (Scientific Committee on Health, Environmental and Emerging Risks) ajantasaistettu kannanotto sähkömagneettisten kenttien turvallisuudesta taajuuksille 1 Hz – 100 kHz on julkaistu. SCHEER on Euroopan komission riippumaton tieteellinen komitea, joka antaa tieteellisiä lausuntoja ja riskinarviointeja. Komissio on pyytänyt aikaisemmin kahta kannanottoa sähkömagneettisten kenttien turvallisuudesta. Tämä artikkeli käsittelee taajuuksia 1 Hz – 100 kHz.

Sähkömagneettisille kentille altistumisen mahdolliset terveysvaikutukset: ajantasaistettu versio taajuuksista 1 Hz – 100 kHz

Euroopan komission riippumaton tieteellinen komitea SCHEER (Scientific Committee on Health, Environmental and Emerging Risks) antaa tieteellisiä lausuntoja ja riskinarviointeja. Komissio on pyytänyt siltä kahta kannanottoa sähkömagneettisten kenttien turvallisuudesta. Tämä artikkeli on kannanoton (Opinion) II ajantasaistettu versio, jossa huomioidaan taajuudet 1 Hz – 100 kHz.

SCHEER-komitean läpikäymissä kirjallisuuskatsauksissa on raportoitu, että Euroopan väestön altistuminen alittaa Euroopan Neuvoston suosituksen 1999/519/EY altistusrajat. Komitean mukaan saatavilla ei ole systemaattisia kirjallisuuskatsauksia tai meta-analyysejä melatoniinihypoteesin, radikaaliparimekanismien, oksidatiivisen stressin tai epigeneettisten vaikutusten yhteydestä altistumiseen pientaajuisille sähkömagneettisille kentille. Komitea löysi kuitenkin heikkoja todisteita vuorovaikutusmekanismien osuudesta pientaajuisien magneettikenttien eläville kohteille aiheuttamiin terveysriskeihin mutta peräänkuulutti lisätutkimusta aiheesta.

Systemaattiset kirjallisuuskatsaukset leukemiasta ja pientaajuisille magneettikentille altistumisesta paljastivat komitealle johdonmukaisia mutta maltillisia riskiarvioita. Annos-vastekäyrää ei kuitenkaan kyetty muodostamaan. Epidemiologisista tutkimuksista saatujen lapsuusiän leukemiaa koskevien tietojen todistearvo on komitean mukaan heikko, koska niissä käytetyt eläinmallit eivät sovi aiheen tutkimiseen. Heikkoja todisteita oli myös vaikutusmekanismeista kasvainten muodostumiselle.

Komitea löysi kohtalaisia todisteita työperäisen pientaajuisille sähkömagneettisille kentille altistumisen ja ALS-taudin välisestä yhteydestä, heikkoja todisteita yhteydestä Alzheimerin tautiin ja dementiaan mutta vain epävarmoja todisteita asuinpaikassa altistumisen ja näiden sairauksien yhteydestä. Yhteyttä Parkinsonin tautiin tai MS-tautiin ei havaittu.

Pientaajuisille sähkömagneettisille kentille altistumista ja neurofysiologisia seurauksia käsitteleviä systemaattisia kirjallisuuskatsauksia tai meta-analyyseja ei löytynyt, eikä sellaisia ollut julkaistu vuoden 2015 jälkeen pientaajuisille magneettikentille altistumisesta ja itse raportoiduista oireistakaan. Pientaajuisille magneettikentille altistumisen ja raskauden tai raskaustulosten välillä ei puolestaan havaittu yhteyttä. Lopputuloksena komitea ehdotti lisätutkimuksia kaikista tutkimistaan aiheista.

Lähde:

Scientific Committee on Health, Environmental and Emerging Risks. SCHEER. Final Opinion on potential health effects of exposure to electromagnetic fields (EMF): Update with regard to frequencies between 1 Hz and 100 kHz. 2024.

https://health.ec.europa.eu/document/download/85ef39d5-49dc-4b5a-b875-54e578d1d2bc_en?filename=scheer_o_063.pdf

Hakusanat:

sähkömagneettiset kentät, pientaajuudet, voimajohdot, terveysvaikutukset, biologiset vaikutukset, vaikutusmekanismit



Nro 03

Päätoimittajan kommentti: Tutkijat kävivät läpi julkaistuja tutkimuksia ja arvioivat terveysvaikutuksia, jotka liittyivät kiinteistömuuntamojen muodostamiin pientaajuisiin magneettikenttiin työ- ja asuinpaikassa. Tutkijat eivät löytäneet mielestään riittäviä todisteita siitä, että kiinteistömuuntamoiden muodostamien pientaajuisten sähkömagneettisten kenttien aikaansaamat keskimääräiset altistustasot pystyisivät aiheuttamaan merkittäviä riskejä terveydelle.

Kiinteistömuuntamojen tuottamat pientaajuiset sähkömagneettiset kentät työ- ja asuinpaikassa altistumista arvioivissa tutkimuksissa

Sähkö- ja elektroniikkalaitteiden käytön yleistymisen 2000-luvulla on tutkimusryhmän mukaan lisännyt ihmisten altistumista keinotekoisille sähkömagneettisille kentille. Tämä muodostaa tutkimusryhmän mielestä mahdollisen uhan kansanterveydelle. Tavanomaisten sähkölaitteiden lisäksi mahdollisesti voimakkaita pientaajuisia sähkömagneettisia kenttiä tuottavat kiinteistömuuntamot, joille työntekijät ja koko väestö altistuu. Tästä voi olla seurauksena akuutteja ja vakavia terveyshaittoja.

Tässä katsauksessa tutkijat yhdistelivät todisteita julkaistuista tutkimuksista ja arvioivat terveysvaikutuksia, jotka olivat seurausta altistumisesta kiinteistömuuntamojen muodostamille pientaajuisille magneettikentille työ- ja asuinpaikassa. He dokumentoivat todisteet muotoilemalla sisäänotto- ja poissulkukriteerit PECO-menetelmällä ja valitsivat mukaan kelpuutettavat tutkimukset systemaattisen kirjallisuuskatsauksen raportointityökalulla PRISMA. PRISMA-ohjeistusta seuraamalla tutkijat valikoivat tähän katsaukseen yhteensä 13 tutkimusta.

Asuinpaikassa altistumista arvioivissa tutkimuksissa korkein magneettikenttäaltistuksen taso 11,60 μT oli 0,2 m kiinteistömuuntamon yläpuolella ja alhaisin taso 0,1 μT kodin sähkölaitteiden läheisyydessä huoneissa, joissa ei ollut kiinteistömuuntamoita. Työperäistä altistumista arvioivissa tutkimuksissa korkein altistumistaso oli 4,67 μT sisällä muuntamossa ja alhaisin $>0,05 \mu\text{T}$.

Asuinpaikassa altistumiseen liitettyistä terveyshaitoista tutkimuksissa nousi yleisimmin esiin syöpä, jos altistus oli kestänyt yli 34 vuotta. Työperäistä altistumista arvioivissa tutkimuksissa taas yleisimpiä terveyshaittoja olivat määrittelemättömät altistumisoireet, kun altistumisaika oli ollut 3 vuotta tai 18 kuukautta.

Tässä katsauksessa tutkimusryhmä ei löytänyt riittäviä todisteita siitä, että kiinteistömuuntamoiden muodostamien pientaajuisten sähkömagneettisten kenttien aikaansaamat keskimääräiset altistustasot pystyisivät aiheuttamaan merkittäviä riskejä terveydelle. Ryhmän mukaan löydöksillä on kuitenkin merkitystä ympäristö- ja työterveyden ja -turvallisuuden kannalta.

Lähde:

Rathebe P C, Matjutla N, Ndwandwe V, Mafa T. Extremely low-frequency electromagnetic fields from indoor transformers: a review of occupational and residential exposure assessment studies, Cogent Engineering, 2024, 11:1, 2399302.

Hakusanat:

sähkömagneettinen kenttä, työperäinen altistuminen, altistuminen asuinpaikassa, kiinteistömuuntamo, terveysvaikutus



Nro 04

Päätoimittajan kommentti: Kirjoittajat tekivät kirjallisuuskatsauksen ja meta-analyysin liittyen nefroblastooman (eli Wilmsin tuumorin) ympäristöriskitekijöihin. Yhtenä riskitekijänä oli mukana isän työperäinen altistuminen pientaajuisille magneettikentille. Tutkijat totesivat Wilmsin tuumorin riskitekijöiksi vanhempien työperäisen altistumisen torjunta-aineille, imetyksen ja foolihapon saannin ennen raskautta tai raskauden aikana. He pitivät näitä yhteyksiä kuitenkin kohtalaisen heikkoina. He eivät havainneet minkäänlaista yhteyttä Wilmsin tuumorin ja isän pientaajuisille magneettikentille altistumisen välillä.

Systemaattinen kirjallisuuskatsaus ja meta-analyysi Wilmsin tuumorin ympäristöriskitekijöistä

Wilmsin tuumori eli nefroblastooma on lapsuusiän munuaiskasvain ja neljänneksi yleisin lasten syöpäkuolleisuuden aiheuttaja. Tutkijoiden mukaan sen ennaltaehkäisemiseksi on ratkaisevan tärkeää selvittää sen muokattavat riskitekijät. Tässä tutkimuksessa he kävivätkin läpi kirjallisuutta ja yhdistelivät Wilmsin tuumorin ympäristöriskitekijöitä.

Tutkimusryhmä suoritti systemaattisen kirjallisuuskatsauksen ja meta-analyysin PubMed-, Web of Science- ja Embase-tietokannoista löytyneistä epidemiologisista tutkimuksista. Mukaan he ottivat tapaus-verrokkitutkimuksia ja kohorttitutkimuksia, joissa tutkimuskohteena oli alle 20-vuotiaana diagnoosin saaneita lapsia ja joissa oli arvioitu suhteellista riskiä. Valituksi tuli Aasiasta, Euroopasta, Latinalaisesta Amerikasta, Pohjois-Amerikasta ja Oseaniasta 58 tutkimusta, jotka sisälsivät yhteensä noin 10 000 diagnoosoitua Wilmsin tuumoria vuosilta 1953–2019.

Tutkijat pystyivät vahvistamaan yhteyden yli 4 kg:n syntymäpainon ja Wilmsin tuumorin välillä. Viitteitä löytyi myös tuumorin johdonmukaisesta yhteydestä keisarinleikkaukseen, ennenaikaiseen synnytykseen ja lapsen suureen kokoon raskausviikkoihin nähden. Lisäksi Wilmsin tuumorin riskiä näytti lisänneen kummankin vanhemman työperäinen altistuminen torjunta-aineille ennen raskautta tai raskauden aikana. Riskiä puolestaan pienensivät imetys ja äidin raskauden aikana käyttämät vitamiinivalmisteet ja foolihappo.

Tutkimuksessa ei havaittu minkäänlaista yhteyttä Wilmsin tuumoriin seuraavilla tekijöillä: alle 2,5 kg:n syntymäpaino, lapsen pieni koko raskausviikkoihin nähden, hedelmöityshoidot, vanhempien ikä, tupakointi tai alkoholin käyttö ennen raskautta tai raskauden aikana, isän työperäinen altistuminen pientaajuisille magneettikentille ja äidin altistuminen röntgensäteille raskauden aikana.

Löydöstensä perusteella tutkimusryhmä totesi Wilmsin tuumorin muokattaviksi riskitekijöiksi vanhempien työperäisen altistumisen torjunta-aineille, imetyksen ja foolihapon saannin ennen raskautta tai raskauden aikana. He pitivät näitä yhteyksiä kuitenkin kohtalaisen heikkoina.

Lähde:

Onyije F M, Dolatkah R, Olsson A, Bouaoun L, Schüz J. Environmental risk factors of Wilms tumour: A systematic review and meta-analysis. *EJC Paediatric Oncology* 4, 2024, 100178.

Hakusanat:

Wilmsin tuumori, suuri syntymäpaino, keisarinleikkaus, torjunta-aineet, vitamiinit, foolihappo, systemaattinen kirjallisuuskatsaus, meta-analyysi



Nro 05

Päätoimittajan kommentti: Tutkijat mittasivat Malesiassa magneettikenttiä 132 kV:n voimajohtojen alta kahdessa eri paikassa ja kahtena eri ajanjaksona. Lisäksi he simuloivat magneettikentät mallintamalla. Mittauksissa suurimmat magneettikentät olivat 2,81 μT (ensimmäinen mittauspaikka) ja 3,5 μT (toinen mittauspaikka). He vertasivat simuloituja ja mitattuja tuloksiaan kansainvälisen säteilysuojelutoimikunnan ICNIRP:n asettamiin magneettikentille altistumisen raja-arvoihin. Tutkijat totesivat, että arvot jäivät selvästi raja-arvojen alle.

Suurjännitteisten voimajohtojen muodostaman magneettikentän mittaus ja simulointi

Sähkökulutuksen lisääntyessä rakennetaan yhä enemmän voimajohtoja, jotka muodostavat voimakkaita magneettikenttiä. Samalla kasvaa myös yleinen huoli kenttien aiheuttaman säteilyn vaikutuksista terveyteen, koska magneettikentät saavat aikaan sähkövirtoja ihmiskehossa. Siksi tutkimusryhmän mukaan voimajohtojen suunnittelussa on tärkeä huomioida magneettikenttien vaikutus.

Tätä tutkimusta varten tutkijat mittasivat Malesiassa magneettikenttiä voimajohtojen alta kahdessa eri paikassa ja kahtena eri ajanjaksona. Ensimmäisen mittauksen he tekivät kohteessa, jossa oli vierekkäin yksi 132 kV:n kaksoisjohto ja yksi 132 kV:n neljän johdon järjestelmä. Toisessa mittauskohteessa oli kaksi 132 kV:n kaksoisjohtoa vierekkäin. Mittaukset suoritettiin joulukuussa 2023 ja helmikuussa 2024. Erittäin voimakkaan magneettikentän vyöhykkeiden paikannuksen helpottamiseksi magneettikenttätasot esitettiin tutkimuksessa kaaviokuvien avulla. Analysoimalla mitattuja tuloksia tutkijat pystyivät tunnistamaan voimajohtojen alta alueet, joilla magneettikenttien voimakkuudet olivat suurimmillaan.

Ensimmäisessä kahden ja neljän johdon järjestelmän mittauskohteessa suurin magneettivuon tiheys oli 2,81 μT ja toisessa kaksoisjohtojen mittauskohteessa 3,5 μT . Tutkijat hakivat vahvistusta mittaus tuloksilleen simuloimalla magneettikentän käyttäen 2D ANSYS Maxwell -mallia, joka oli IEEE-standardien ja CIGREN suositusten mukainen ja muidenkin tutkijoiden käyttämä. He saivat vahvistettua, että magneettikenttämittausten tulokset olivat lähes yhteneväiset simuloitujen magneettikentän kanssa ja virheitä oli erittäin vähän kummassakaan kohteessa.

Tutkijat myös vertasivat simuloituja ja mitattuja magneettikenttiä kansainvälisen säteilysuojelutoimikunnan ICNIRP:n asettamiin työntekijän ja väestön altistumisen raja-arvoihin. He totesivat, että niin mitatut kuin simuloitut arvot jäivät selvästi raja-arvojen alle.

Lähde:

Ahsan M, Baharom N R, Zainal Z, Khalil I U. Measuring and simulation of magnetic field generated by high voltage overhead transmission lines. Results in Engineering 23, 2024, 102688.

Hakusanat:

voimajohdot, magneettikentät, kaksoisjohto, neljän johdon järjestelmä, ICNIRP-raja-arvo



Päätoimittajan kommentti: Tutkijat selvittivät puiden vaikutusta yli 800 kV:n voimajohtojen eli ultra high voltage- tai UHV-voimajohtojen muodostamiin sähkökenttiin. Tutkijat kehittivät matemaattisen mallin, jolla he suorittivat kolmiulotteisia simulointilaskelmia voimajohtojen verkkotaajuisista sähkökentistä puiden määrän ja sijainnin perusteella. Tutkimuksessa käytettiin yhtä kiinalaista puulajia. Tutkijat suosittavat selvittämään puiden sähkömagneettisten parametrien vaikutusta verkkotaajuisen sähkökentän voimakkuuteen voimajohtojen alla. Heistä se voi auttaa pienentämään sähkökentän voimakkuutta ja kaventamaan johtoaukeita.

Puiden määrän ja sijainnin vaikutus voimajohtojen alla oleviin sähkökenttiin

Kun voimajohtoja rakennetaan yhä enemmän, niiden muodostamalla sähkökentällä on vakavia negatiivisia vaikutuksia lähistöllä asuvien elämään ja terveyteen. Tutkimusryhmän mukaan puita istuttamalla saadaan kavennettua voimajohtolinjojen johtoaukeita ja lisäksi vähennettyä voimajohtojen vaikutusta ympäristöön. Tässä tutkimuksessa haluttiin selvittää puiden vaikutusta yli 800 kV:n voimajohtojen eli ultra high voltage- tai UHV-voimajohtojen muodostamiin sähkökenttiin.

Aiemmissä tutkimuksissa voimajohtoja on käsitelty kaksiulotteisesti, mutta tätä tutkimusta varten tutkijat kehittivät matemaattisen mallin, jossa huomioitiin myös voimajohtojen riippuma. He suorittivat kolmiulotteisia simulointilaskelmia voimajohtojen verkkotaajuisista sähkökentistä puiden määrän ja sijainnin perusteella.

Ensin tutkimusryhmä vertaili eri jännitetasoisten voimajohtojen sähkökenttien voimakkuuksia ja selvitti siten, miten voimajohtojen tuottaman sähkökentän voimakkuus jakautui. Tutkimuksessa selvisi, että verkkotaajuisen sähkökentän voimakkuus UHV-voimajohtojen alla on suurimmillaan reunimmaisen johtimen alla.

Sen jälkeen tutkijat muuttivat puiden lukumäärää ja totesivat, että reunimmaisen johtimen alla olevan sähkökentän voimakkuus heikkeni asteittain, kun puiden määrä lisääntyi. Lopuksi he muuttivat alueella olevien puiden sijaintia, jolloin sähkökentän maksimivoimakkuus pieneni 1,5 metrin korkeudella reunimmaisten johtimien alla. Samalla myös johtoaukeita kaventui.

Vaikka tutkimus suoritettiin pelkästään yhdellä kiinalaisella puulajilla, tulostensa perusteella tutkimusryhmä suosittaa selvittämään puiden sähkömagneettisten parametrien vaikutusta verkkotaajuisen sähkökentän voimakkuuteen voimajohtojen alla. Se voi auttaa heikentämään sähkökentän voimakkuutta ja kaventamaan johtoaukeita. Tämä oli tutkijoiden mielestä erittäin merkittävä tieto, kun suunnitellaan voimajohtoja ja halutaan säästää kustannuksia.

Lähde:

Wang Z, Duan N, Chen J, Zhou X, Lu M, Zhao S. Effect of Tree Quantity and Distribution on the Electric Field under Transmission Lines. *Applied Sciences* 2024, 14, 8487.
<https://doi.org/10.3390/app14188487>

Hakusanat:

puiden määrä, puiden sijainti, voimajohto, UHV, ultra high voltage, verkkotaajuinen sähkökenttä, johtoaukeita



Nro 07

Päätoimittajan kommentti: Kirjoittajat ovat tutkineet voimajohtoihin liittyvää pitkäkestoista altistumista magneettikentille hyödyntäen keinotekoisia neuroverkkoja. Artikkelissa he esittelivät menetelmän, jolla analysoitiin pitkäkestoista altistumista voimajohtojen muodostamalle magneettikentälle. Heidän kehittämänsä metodi perustuu ympäristön lämpötilan ja vaihejohtimien korkeuden mittaamiseen ja siihen, että vaihejohtimien korkeuden muutokset ympäristön eri lämpötiloissa saadaan selville lineaarisen regressiomallin avulla.

Analyysi pitkäkestoisesta altistumisesta voimajohtojen tuottamille magneettikentille hyödyntäen keinotekoisia neuroverkkoja

Yksi yleisimmistä pientaajuisten magneettikenttien lähteistä ovat voimajohdot. Tutkimusryhmän mukaan niitä on tutkittu paljon, ja viime aikoina on korostettu erityisesti pitkäkestoisen altistumisen vaikutuksia terveyteen. Ongelmallista on kuitenkin ollut pitkäkestoisten mittausten suorittaminen magneettikenttäaltistuksen määrittämiseksi.

Tässä artikkelissa tutkijat esittelivät menetelmän, jolla analysoitiin pitkäkestoista altistumista voimajohtojen muodostamalle magneettikentälle. Tutkijoiden kehittämä metodi perustuu ympäristön lämpötilan ja vaihejohtimien korkeuden mittaamiseen ja siihen, että lineaarisen regressiomallin avulla saadaan selville vaihejohtimien korkeuden muutokset ympäristön eri lämpötiloissa.

Määrittäessään pitkäkestoista altistumista magneettikentälle tutkimusryhmä hyödynsi voimajohdon geometriaa ja historiallista tietoaineistoa, jota oli kerätty voimajohdon vaihevirran voimakkuuksista ja ympäristön lämpötiloista. Magneettivuon tiheyden määrittämiseen heillä oli käytössään menetelmä, joka perustui keinotekoisiiin neuroverkkoihin.

Tutkijat sovelsivat kehittämänsä menetelmää tapaustutkimuksessa, jossa tutkittiin sähköasemat Sarajevo 10 ja Sarajevo 20 yhdistävää voimajohtoa Bosnia ja Hertsegovinassa. Tutkimuksen analysointijakso oli yksi vuosi. Pitkäkestoista altistumista analysoitiin hyödyntäen tietoja, joita oli kerätty voimajohdon vaihevirran voimakkuudesta ja ympäristön lämpötilasta vuoden 2020 aikana.

Tutkimusryhmän löydösten perusteella tutkitun voimajohtokäytävän sisällä asuneet tai työskennelleet henkilöt altistuivat magneettivuon tiheyden arvoille, jotka ylittivät pitkäkestoisen altistumisen suositusarvot. Siksi tutkijoiden mielestä onkin oleellista huomioida pitkäkestoinen altistuminen voimajohtojen magneettikentille. Niin ikään tärkeää olisi heidän mukaansa suorittaa tulevaisuudessa epidemiologinen tutkimus henkilöistä, jotka asuvat pitkään voimajohtojen välittömässä läheisyydessä.

Lähde:

Alihodžić A, Mujezinović A, Turajlić E, Dedović M M, Dautbašić N, Turković I. Evaluation of the long-term exposure to the magnetic fields generated by overhead transmission lines using artificial neural networks – a case study. B&H Electrical Engineering, Volume 18, Issue 1, 2024; 31–39.

Hakusanat:

magneettikenttä, pitkäkestoinen altistuminen, voimajohdot, keinotekoiset neuroverkot



Nro 08

Päätoimittajan kommentti: Kirjoittajat esittelevät tapausselostuksen itsensä sähköyliherkäksi raportoineesta potilaasta, joka oli oireikseen kertonut muun muassa voimakkaat päänsäryt, yleisen väsymyksen, rytmihäiriöt, tarkkaavaisuus- ja muistihäiriöt ja yleisen systeemisen kivun jo minuuttien sisällä altistumisesta tietoliikennelaitteille (wifi, matkapuhelimet), suurjännitejohdoille ja elektronisille laitteille. Erilaisten tutkimusten perusteella kirjoittajat arvelivat, että sähköyliherkkyyden ja oksidatiivisen stressin immuunireaktion välillä on yhteys.

Korrelaatio sähköyliherkkyyden ja oksidatiivisen stressin immuunireaktion välillä

Useissa laboratorioskokeissa on tutkimusryhmän mukaan saatu todisteita siitä, että altistumisella nykyaikaisten viestintälaitteiden ja kodin muiden sähkölaitteiden tuottamille heikoille sähkömagneettisille kentille on fysiologisia seurauksia. Näihin sisältyy myös tutkimuksia sähköyliherkkyyden aiheuttamista haitallisista terveysvaikutuksista. Vaikka sähköyliherkkyyden oireet voivat olla vakaviaakin, sen taustalla vaikuttavia mekanismeja ei kirjoittajien mielestä tunneta eikä siihen ole löydetty yleistä parannuskeinoa tai tehokasta hoitoa.

Tässä artikkelissa tutkimusryhmä esitteli tapausselostuksen itsensä sähköyliherkäksi raportoineesta potilaasta. Hänen oireitaan olivat muun muassa voimakkaat päänsäryt, yleinen väsymys, rytmihäiriöt, tarkkaavaisuus- ja muistihäiriöt ja yleinen systeeminen kipu jo minuuttien sisällä altistumisesta tietoliikennelaitteille (wifi, matkapuhelimet), suurjännitejohdoille ja elektronisille laitteille.

Potilaalle suoritettiin aivoihin ja verisuonistoon liittyviä ja fysiologisia testejä, joissa ei havaittu poikkeamia, kuten ei myöskään testattaessa tulehduksia, allergioita, infektioita, autoimmuunisairauksia tai hormonitasapainoa. Lisätutkimuksissa paljastui tutkijoiden mukaan vajetta solujen antioksidanteissa ja radikaaleja poistavien entsyymien kohonnut pitoisuus, mikä viittasi systeemiseen oksidatiiviseen stressiin. Merkittävänä löydöksenä tutkijat pitivät hapettuneen LDL-kolesterolin (LDLox) vasta-aineiden 40-kertaista määrää. LDLox on oksidatiivisen stressin sivutuote ja kerääntyy verisuonisolujen kalvoille.

Sähkömagneettisille kentille altistumisen on tutkimuksissa osoitettu lisäävän solun oksidanttipitoisuutta, joten tutkimusryhmä arveli tämän tapausselostuksen potilaan taudin liittyvän kausaalisesti siitä aiheutuvaan LDLox-kolesterolin tuotannon kasvuun. Se taas vuorostaan pystyi laukaisemaan liioitellun autoimmuunivasteen, joka vastasi sähköyliherkkyyden oireita. Tapausselostuksensa löydösten perusteella tutkijat esittelivät sähköyliherkkyyden taustalla olevien mekanismien testausrunгон, jota voitaisiin hyödyntää tämän huonosti ymmärretyn terveysvaivan syiden selvittämiseen ja hoitokeinojen kehittämiseen.

Lähde:

Thoradit T, Chabi M, Aguida B, Baouz S, Stierle V, Pooam M, Tousaints S, Akpovi C D, Ahmad M. Hypersensitivity to man-made electromagnetic fields (EHS) correlates with immune responsivity to oxidative stress: a case report. *Communicative & Integrative Biology* 2024, vol. 17, no. 1, 2384874.

Hakusanat:

antioksidanttihoito, sähköyliherkkyys, herkkyys sähkömagneettisille kentille, sähkömagneettiset kentät, pientaajuiset sähkömagneettiset kentät, oksidatiivinen stressi, reaktiivisten happiradikaalien tuotanto, wifi



Nro 9

Päätoimittajan kommentti: kirjoittajat ovat tutkineet perifeerisen veren lymfosyyteistä työperäisen pientaajuisille magneettikentille altistumisen genotoksisia vaikutuksia.

Työssään pientaajuisille magneettikentille altistuvien työntekijöiden altistumisen arviointi ja sytogeneettinen biomonitorointitutkimus

Ihmisen sytogeneettinen biomonitorointi perustuu perinteiseen kromosomitutkimukseen, ja sillä tutkitaan yksilön tai ryhmän altistumista kemikaaleille ja tietyn kemikaalin vaikutusta elimistöön. Ihmisen sytogeneettistä biomonitorointia on artikkelin kirjoittajien mukaan jo pitkään käytetty, kun arvioidaan työympäristön mahdollisia vaikutuksia työntekijän DNA:han. Kun biomonitoroinnin avulla on tutkittu työperäisen pientaajuisille magneettikentille altistumisen genotoksisia eli perimää vahingoittavia vaikutuksia, heikkoutena on tutkimusryhmän mielestä ollut puutteellinen altistumisen arviointi. Heitä pohdituttivat erityisesti altistuksen arviointimenetelmät, altistusmittarit ja altistusryhmämäärittelyt.

Tässä tutkimuksessa arvioitiin perifeerisen veren lymfosyyteistä työperäisen pientaajuisille magneettikentille altistumisen genotoksisia vaikutuksia komeettamenetelmällä ja solunjakautumista estävällä mikrotumamenetelmällä. Tutkimukseen osallistujiksi valikoitui lopulta 79 belgialaista sähkötyöntekijää, joiden todellista altistumista 50 Hz:n magneettikentille työssä mitattiin altistusmittarilla kolmena peräkkäisenä päivänä. Altistusryhmiä määriteltiin eri menetelmin, kuten pelkästään tehtävänimikkeen tai pelkästään altistustietojen perusteella.

Tutkimusryhmän yhteenveto pientaajuisten magneettikenttien arvoista osoitti, että koko tutkimusjoukon altistustaso oli alhainen. Lisäksi siitä selvisi, että altistusryhmien määrittely pelkästään tehtävänimikkeiden perusteella olisi johtanut siihen, että 12 työntekijää olisi luokiteltu väärään ryhmään. Siksi tutkijat päättivät yhdistää tehtävänimikkeet ja hierarkkisen klusteroinnin, johon oli koottu henkilökohtaiset altistustiedot.

Lopullisten tulosten perusteella tutkimusryhmä teki sen johtopäätöksen, että työperäinen magneettikenttäaltistus ei lisännyt merkittävästi geenivaurioita. He arvioivat, että sytogeneettisten testien tuloksiin olisivat voineet vaikuttaa ennemminkin muut tekijät, kuten ikä tai aiempi tupakointi.

Lähde:

Nguyen H, Vandewalle G, Mertens B, Collard J-F, Hinsenkamp M, Verschaeve L, Feipel V, Magne I, Souques M, Beauvois V, Ledent M. Exposure assessment and cytogenetic biomonitoring study of workers occupationally exposed to extremely low-frequency magnetic fields. *Bioelectromagnetics* 2024; 45, 260–280.

Hakusanat:

klusterianalyysi, altistusryhmät, genotoksiset testit, perimään vaikuttavat testit, työperäisen altistumisen arvot, työperäinen altistuminen magneettikentille

Tekijät:

päätoimittaja Leena Korpinen, Elenhe
toimitusassistentti Sonator Oy,
tekninen ja graafinen toteutus Zento Oy.

Tilannekatsauksen rahoittaa Fingrid Oyj. Työ- ja elinkeinoministeriö osallistuu johtoryhmätyöskentelyyn. Seuraava tilannekatsaus julkaistaan kesällä 2025. Arkiston löydät osoitteesta www.leenakorpinen.com.

